

Las ventajas de la adquisición de datos en el laboratorio de Física Elementos básicos y ejemplos para la aplicación en clase

Autores: Pablo A. Lucero, Hugo A. Kofman

e-mail: plucero@fiquis.unl.edu.ar

Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral

Sgo. Del Estero 2829 – S3000AOM Santa Fe

Resumen

Este trabajo describe el desarrollo de una interfase de adquisición de datos para su aplicación en el laboratorio de Física, pensada para múltiples aplicaciones. Se muestran las diversas ventajas que reporta su utilización, explicándose las nociones básicas sobre conversión analógico digital que necesita un usuario, y dándose diversos ejemplos de aplicación de estos dispositivos. Se incluyen ejemplos de utilización en enseñanza universitaria y de investigación, a través de los cuales se puede concluir que la perspectiva de este tipo de desarrollos resulta sumamente promisorio.

Los desarrollos descritos se realizan en el Laboratorio de Electrónica e Informática del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL.

Introducción

La Física es una ciencia que modeliza y elabora teorías de los sistemas reales, de ahí la importancia de ambos aspectos: de los modelos físico-matemáticos y del experimento real. Para que el alumno adquiera una noción correcta de esta relación, es importante que ambos aspectos estén presentes, y vinculados, en las actividades de aprendizaje diseñadas por el docente. Por tal razón, normalmente en las clases prácticas las actividades no se diseñan solo para la medición y cálculo, sino que de una forma u otra se trata de vincular la información experimental a algún aspecto de la teoría: corroborar alguna ley, aplicar alguna expresión de cálculo para hallar cierto parámetro, etc. De igual modo, las clases teóricas se suelen apoyar en ejemplos o aplicaciones experimentales, que constituyen en definitiva el sustento de los modelos estudiados.

Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación hacen posible o simplemente facilitan hoy la realización de muchos experimentos, que al informatizarse adquieren una gran versatilidad. Se aprovecha en este aspecto tanto la enorme velocidad de cálculo y la presentación gráfica, como las posibilidades de medición de las computadoras, a través de su Interfaz con el experimento.

En este trabajo se analizan las funciones de dicha Interfaz, y se presentan algunos ejemplos de aplicación, con la finalidad no sólo de ilustrar las ventajas a que se aludía precedentemente, sino para presentar al docente los conceptos básicos necesarios para aplicar dichos dispositivos en sus clases prácticas. Conocimientos que se hacen indispensables no solo para un mejor aprovechamiento de estos recursos, sino que a su vez resulta conveniente poner a disposición de los alumnos, para que comprendan qué están haciendo, cómo se pueden calcular los errores experimentales, y de que manera se puede optimizar el proceso experimental.

Los alumnos que alguna vez han trabajado con un osciloscopio tendrán una ventaja en este aspecto, porque ya se han introducido en ciertos conceptos, como el de “señal”, que designa normalmente una tensión eléctrica (voltaje) que varía en el tiempo, y que esa variación es portadora de cierta información significativa que proporciona el experimento; o el término “base de tiempo”, que establece una relación de escala entre esa magnitud y la distancia que la representa, normalmente en un eje horizontal. Pero no siempre es ese el caso, dado que el osciloscopio no siempre se utiliza en los cursos de los ciclos básicos universitarios o en los actuales Polimodales.

Señales analógicas y señales digitales

Ya sea que el alumno haya utilizado o no un osciloscopio, dado que diversas versiones del mismo aparecen muchas veces en ciertos filmes (uso médico, instrumental científico, etc.), puede resultar útil realizar una comparación de semejanza y diferencia. Salvo en sus versiones más sofisticadas los osciloscopios son instrumentos “analógicos”, lo cual significa que procesan y muestran la “señal” en forma continua, sin que se produzcan saltos o discontinuidades, ni en el tiempo ni en el voltaje. Teóricamente, en una señal analógica se podrían medir diferencias o variaciones tan pequeñas como se quieran. Decimos “teóricamente”, ya esto en la práctica no resulta posible, porque siempre debe existir algún mecanismo que traduzca la tensión eléctrica en un número, y éste forzosamente está limitado en sus cifras significativas. De todas maneras, podemos imaginar una señal analógica como una curva continua, tal como la representada en la Figura 1.

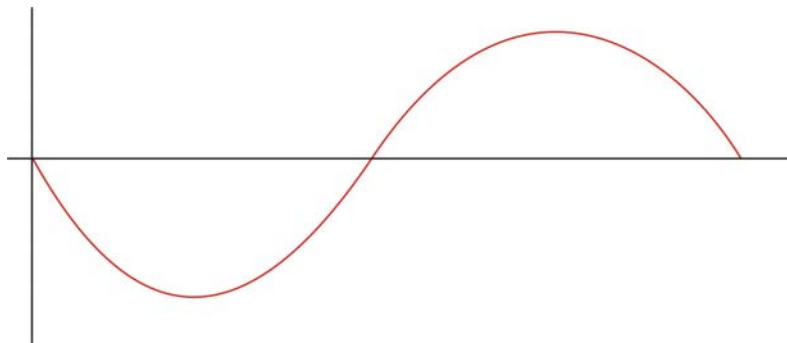


Figura 1

Una señal de ese tipo bien puede corresponder al sonido que emite un instrumento musical, cuya onda mecánica es traducida a una señal eléctrica por un micrófono y llevada como tal a un osciloscopio.

Ahora podemos conectar ese micrófono a una computadora, como se suele hacer para grabar la voz, quizás sin que lo sepamos, tendrá lugar un proceso de “digitalización” de la señal, y la misma podrá ser grabada en un archivo del disco de la PC, o en Disco Compacto. La música que escuchamos de los CDs también está digitalizada. Veremos ahora que significa eso, partiendo de un software que se suelen utilizar para grabar sonido en las PC. No importa en este caso su marca comercial, lo importante es que el mismo nos presenta una pantalla de diálogo como que se indica en la figura 2

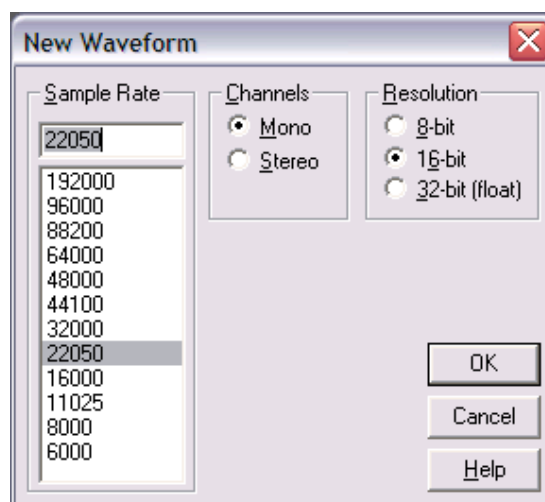


Figura2

De los tres parámetros que debemos seleccionar, quizás el del centro es el más conocido: si se graba un solo canal de sonido (opción seleccionada en este caso) o se obtiene el sonido de dos canales. Analicemos ahora los otros.

El parámetro de la izquierda (Sample Rate) nos indica la “frecuencia de muestreo”, en ese caso establecido en 22050 Hz. Esto significa que en un segundo se van a realizar 22050 mediciones del nivel de señal, y que esa misma cantidad de datos se grabarán en el disco en cada segundo. Esto nos muestra que la medición no es continua, sino que es “discretizada” o fragmentada en el tiempo, con una cierta periodicidad: en este caso de $1/22050 \text{ s} = 45.3 \text{ } \mu\text{s}$. Quienes tienen experiencia en el uso de este tipo de software, saben que si eligen una frecuencia de muestreo muy baja, disminuye la calidad del sonido que luego se reproduce (se pierden las componentes de alta frecuencia), y que si se elige una frecuencia elevada, será mayor la fidelidad sonora, pero esto tendrá su costo en el mayor tamaño del archivo de datos que se genera. Cuanto mayor sea la frecuencia del sonido que se intenta reproducir, mayor deberá ser la frecuencia de muestreo.

Finalmente se puede escoger la Resolución, parámetro que indica la capacidad para diferenciar niveles de señales próximos. Esto significa que los valores de nivel de señal son expresados a través de números que tienen una precisión limitada. La opción seleccionada (16 bit) indica que se trata de números enteros en un rango desde 0 hasta 2^{16} (16 dígitos binarios), o sea entre 0 y 65536. Tal es la resolución en la que operan los Discos Compactos de música.

Lo que hemos visto entonces, es que una señal analógica (continua en tiempo y valores) se ha digitalizado, discretizándose tanto en pequeños intervalos de tiempo, como en intervalos de valores que ya no cambian de uno a otro en forma continua, sino a través de pequeños escalones. Esquemáticamente, la señal analógica de la Figura 1, quedaría representada por una señal digital, como la que se indica en la Figura 3.

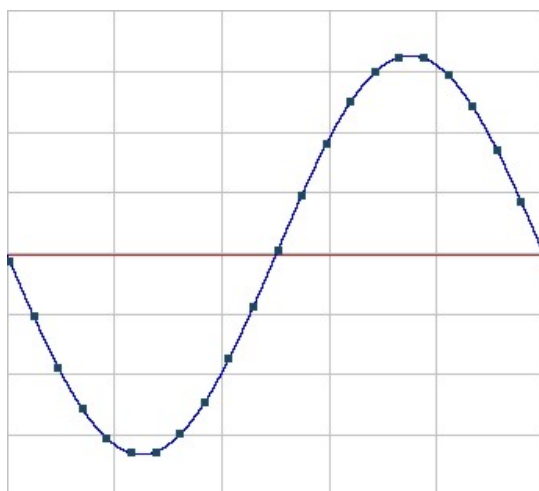


Figura 3

Lo que se ha hecho entonces es una conversión analógico-digital (A/D)

Una Interfaz para el laboratorio

El ejemplo citado precedentemente, de la digitalización de una señal proveniente de un sonido, nos muestra que la PC cuenta con un dispositivo de conversión A/D. Dado que la computadora también puede leer un archivo de datos digitalizados, tal como un CD de Música o un archivo en formato MP3, y reproducirlo como sonido en un parlante, nos indica que contiene también el dispositivo inverso, o sea el que realiza la conversión digital analógica (D/A). Normalmente estas funciones son usadas sólo para sonidos. Hay en ellas una cierta limitación, ya que solo

operan con señales alternas, y no responden a tensiones continuas o a señales que varíen en forma muy lenta con el tiempo, tal como ocurre en muchos experimentos físicos.

Además, para implementar ciertos experimentos informatizados muchas veces se requiere disponer de varios canales A/D, y además de las llamadas “entradas digitales” y “salidas digitales”. Una entrada o salida digital corresponde a un sólo dígito binario, es decir que solo puede tener dos valores: 0 o 1, apagado o encendido, como una llave que apaga o enciende la luz. Con una *salida digital*, se puede convertir una orden dada desde la computadora en una acción externa. Por ejemplo, hacer click con el mouse en un botón, y que ese evento produzca la interrupción de una corriente en un electroimán que forma parte de cierto experimento. Con una *entrada digital* podemos hacer lo contrario, por ejemplo, cuando se corta el haz de luz que llega a un sensor óptico, ese hecho puede generar un evento en la computadora, como por ejemplo, registrar un valor de tiempo.

Las Interfaces de laboratorio reúnen las distintas funciones mencionadas, permitiendo también realizar un acondicionamiento adecuado de la señal (amplificación, atenuación, cambio de nivel de cero, filtrado de ruido, etc.) De ahí la importancia que tienen para la realización de diversos experimentos físicos.

Funciones y características del sistema desarrollado

El hardware consiste básicamente en una interfase A/D externa de 16 bits, conectada al puerto de impresora de la PC, realizada en dos versiones: de 1 canal, y de 4 canales simultáneos. Ambas cuentan además con salidas y entradas digitales (Si – No), que permiten conmutar interruptores externos, o recibir órdenes de éstos. La interfase de 1 canal cuenta con un interruptor (relé inversor) de salida, que permite conectar y desconectar distintos dispositivos en forma directa. Ambas cuentan con salidas de tensiones positivas y negativas para proveer alimentación a distintos dispositivos externos, tales como acondicionadores de señal, sensores, etc.

Las entradas se encuentran protegidas contra sobretensiones, y la nueva versión en desarrollo prevé el aislamiento galvánico entre interfase y computadora mediante acoplamiento óptico de señal. En la misma se incluirá además un conversor digital analógico.

La interfase de un canal cuenta con un circuito temporizador fijo para muestreo de señal de 2 KHz, mientras que la de 4 canales incluye un oscilador a cristal que permite seleccionar frecuencias de muestreo exactas entre 15 Hz y 10 KHz.

El software está compuesto centralmente por una librería de programación DLL, en versiones para Visual Basic y para Delphi, el que se encarga de realizar las funciones de conversión y de comunicación de la interfase con la PC. Además se han desarrollado programas, provistos en código fuente, a modo de ejemplo, para que el usuario aplique y modifique de acuerdo a sus necesidades. Los mismos permiten fijar frecuencias de muestreo, realizar adquisiciones lentas con graficación simultánea, o tomar lotes de datos a frecuencias elevadas, pudiéndose en ambos casos grabar los datos en archivos de texto. Se incluyen asimismo los controles destinados a comandar las entradas y salidas digitales.

Se encuentra en desarrollo un software en versión solo ejecutable, con variadas opciones, para usuarios que no programan computadoras.

Ejemplos de aplicación

Las interfases desarrolladas se están utilizando exitosamente en equipos de enseñanza y de investigación, tal como se describe en los próximos apartados.

- Estudio del régimen transitorio en circuitos RC, RL y RLC

Para esto se utilizó la interfase de un canal, diseñándose un entorno de experimentación, orientado a que los alumnos construyan los circuitos y realicen los ensayos operando desde la PC. El dispositivo experimental consiste en un tablero con diversos componentes, como se muestra en la figura 1, y el software permite elegir el tiempo total fijado para adquirir datos del

régimen transitorio. En la pantalla, junto a la curva del experimento real, se puede representar la gráfica de una simulación, tal como se puede apreciar en la figura 5, en la que se muestran los resultados correspondientes a un tiempo de 150 mS de una oscilación RLC.

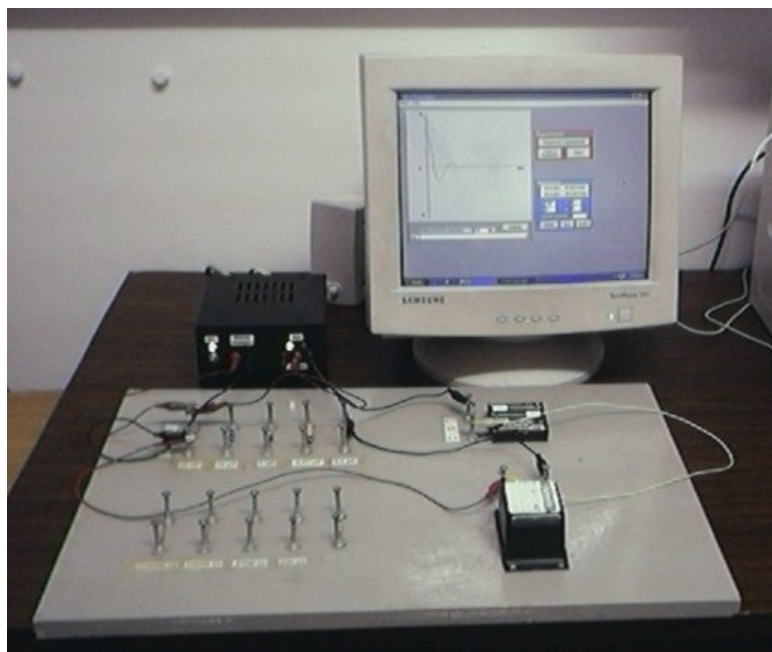


FIGURA 4: Placa de 16 bits de un canal aplicada al estudio de regímenes transitorios

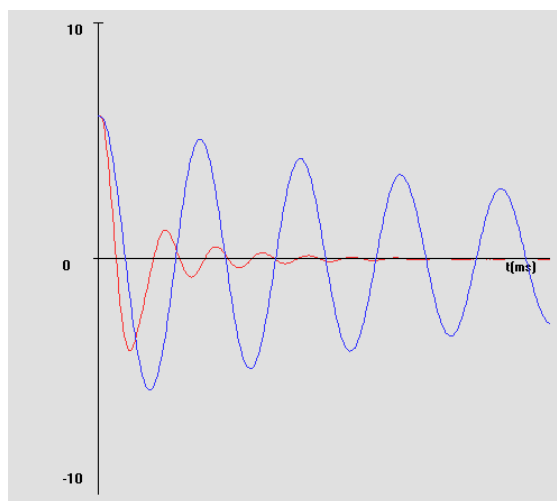


FIGURA 5: Oscilaciones electromagnéticas: experimento (rojo) y simulación (azul)

La discrepancia entre el modelo matemático (usual) y el experimento real, resulta enorme en este caso, y permiten profundizar en el significado de los modelos en el estudio de la Física y además conocer los efectos de ciertos fenómenos propios de los materiales ferromagnéticos.

El software permite a los alumnos, medir en forma directa valores de tensión en función del tiempo, con los que pueden calcular constantes de tiempo y/o frecuencias de oscilación. También

se pueden exportar los datos en formato texto, para ser luego procesados con distintos software de cálculo, tales como el Excel o el Origin.

- Lector de espectros de difracción

Otra aplicación orientada a la enseñanza, que se ha realizado con la interfase de 16 bits, es un dispositivo que permite obtener los valores de intensidad luminosa relativa de espectros de difracción producidos por ranuras y redes (figura 6). El entorno permite también realizar una simulación, cuyo resultado se puede observar superpuesto a la curva experimental (figura 7).

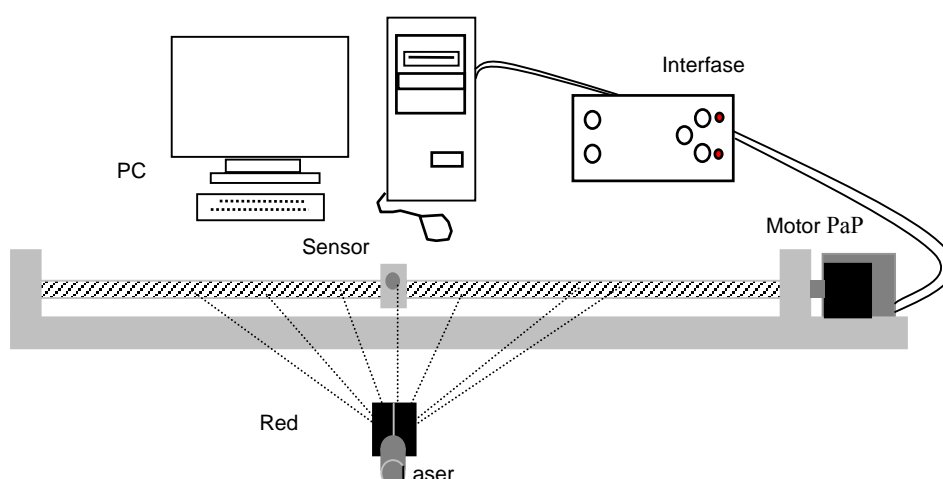


FIGURA 6: Esquema del dispositivo lector de espectros de difracción

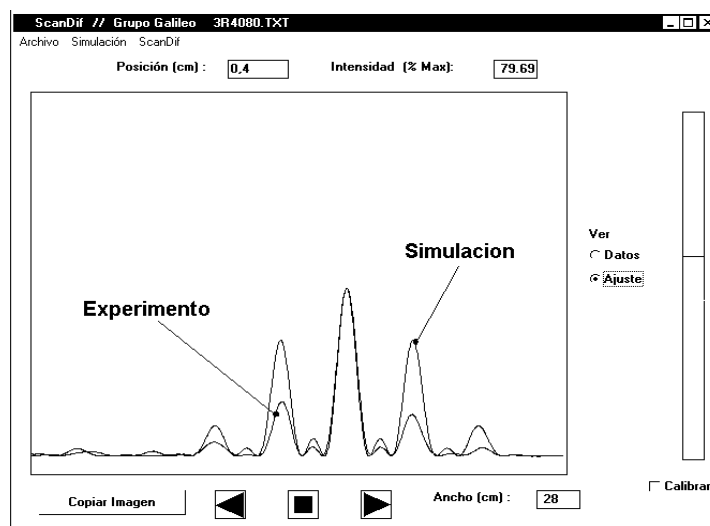


FIGURA 7: aspecto de la pantalla del lector de espectros de difracción

El sistema se desarrolló con el propósito que los alumnos de un curso de Física del ciclo básico de carreras de Ingeniería puedan realizar experimentos cualitativos y cuantitativos con ranuras y redes de difracción. Dichas actividades, realizadas en los trabajos prácticos, están orientadas a facilitar la conceptualización sobre los fenómenos involucrados, a comprender la función que cumplen los modelos matemáticos en relación a los mismos, y a medir la longitud de onda de un láser con una red de difracción.

El dispositivo cuenta con un sensor de intensidad luminosa que provee una señal analógica, que es digitalizada por una interfase. El sensor está montado en un soporte móvil, que se desplaza en dirección horizontal, con la finalidad de leer una serie de valores de intensidad. Dicho soporte es desplazado por el giro de una varilla roscada, movida a su vez por un motor paso a paso. Esto permite tener un perfecto control de velocidad y posición del sensor. Desde la pantalla de la computadora, el alumno establece el punto de inicio y fin de la medición de acuerdo al tipo de espectro, y acciona el dispositivo de inicio del experimento. A medida que el soporte se desplaza, se va dibujando la gráfica en la pantalla, de modo que se puede observar en tiempo real la correspondencia entre las zonas con mayor iluminación con la aparición de los distintos máximos de la intensidad.

- Mapeo del campo magnético de un solenoide

Se trata ésta de otra de las aplicaciones de la interfase para fines de enseñanza, orientada en este caso a la medición del módulo del campo magnético, en distintas posiciones de un solenoide con corriente. Para ello se utiliza un sensor de efecto Hall, que se conecta a la interfase a través de un dispositivo electrónico auxiliar. El mismo permite compensar el efecto del campo magnético terrestre mediante un ajuste de cero.

El software, permite introducir las coordenadas de cada punto de medición, que en este caso tiene solo dos coordenadas dada la simetría cilíndrica del sistema en estudio, y construir una tabla, tal como se puede observar en la figura 8.

Y	Z	B
10	20	1.321
10	30	1.450
10	40	1.320

FIGURA 8: Pantalla del sistema de mapeo de campo magnético de un solenoide

Con ayuda de este dispositivo, los alumnos pueden estudiar la configuración del campo magnético de un solenoide real, y contrastar los resultados obtenidos con cálculos realizados con la Ley de Ampere y con la Ley de Biot y Savart, para lo cual se cuenta con un software de simulación. Este trabajo práctico está orientado a que el alumno adquiera una comprensión más cabal sobre la función y características de los distintos modelos matemáticos que se utilizan para el cálculo del campo magnético. Cuestión que es abordada desde la práctica experimental vinculada fuertemente a los conceptos teóricos.

- Control del pulpado Kraft para obtención de papel por medición de temperatura

Se trata de la automatización del cálculo realizado en línea, durante la ejecución de un trabajo práctico a nivel de planta piloto, por alumnos de la carrera de Ingeniería Química. En este caso la interfase convierte los voltajes provistos por una termorresistencia de platino, la que está ubicada en el interior de un reactor a escala de planta piloto, en el que se transforma astillas de madera en pulpa de papel a través del proceso Kraft (figura 9).



FIGURA 9: reactor para producir pasta de papel Kraft

El proceso suele durar entre dos o tres horas, y en el mismo resulta crucial la determinación de su punto final. Ese tiempo depende en parte de un cálculo teórico basado en una curva de evolución ideal (Figura 10), y en parte de los valores reales que vaya tomando la temperatura en función del tiempo. Anteriormente, cuando no se contaba con este sistema, los alumnos debían medir la temperatura cada medio minuto o un minuto y actualizar el cálculo de una integral numérica en una hoja de cálculo Excel. Ahora el proceso se realiza en línea automáticamente, pudiéndose inclusive observar la evolución de la temperatura en tiempo real en la gráfica mostrada en pantalla.

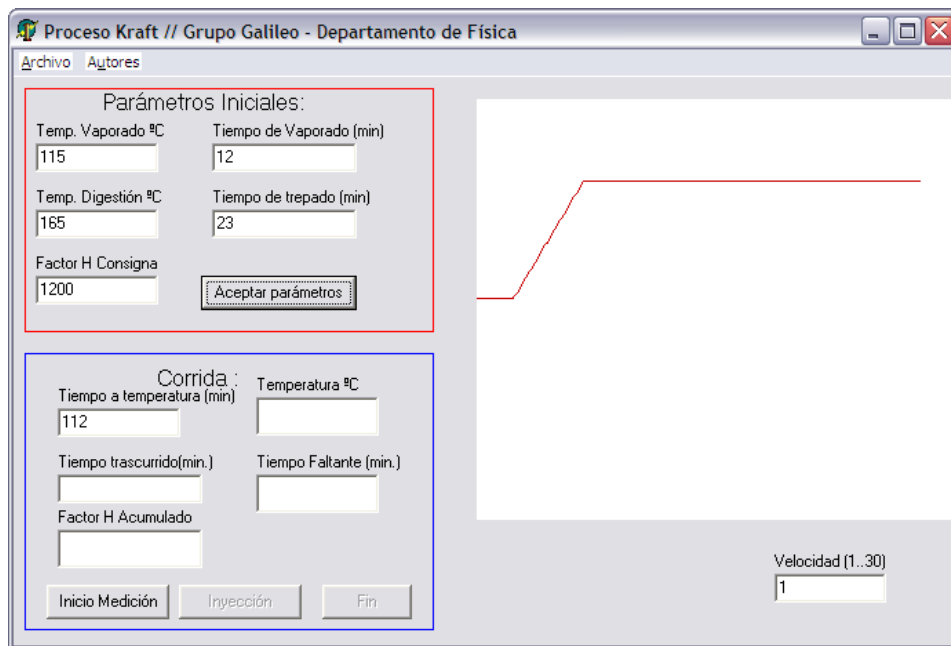


FIGURA 10: Pantalla del sistema de control de pulpado Kraft

Los datos del experimento pueden a su vez ser exportados para ser luego controlados o procesados de la manera que se desee

- Cálculo del coeficiente de difusión de la madera por medición de conductividad

El conocimiento del fenómeno de difusión en la madera es una herramienta muy importante para optimizar los procesos de producción de pulpa de papel.

El coeficiente de difusión de la madera puede obtenerse mediante mediciones de conductividad en una celda de difusión (figura 11). La duración de la experiencia es de 10 horas o más, con una frecuencia de muestreo de 5 minutos o menos. Anteriormente las mediciones eran llevadas a cabo por el operador, resultando un proceso tedioso y con gran cantidad de errores. De ahí entonces la necesidad de automatizar la experiencia, mediante la transmisión de los datos a través de una interfase A/D a una PC, y el desarrollo de un software que registre los datos obtenidos para su posterior procesamiento.

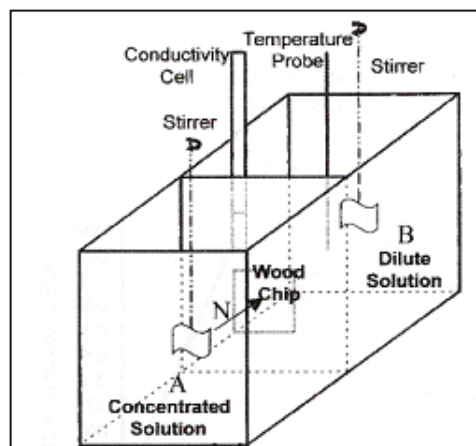


FIGURA 11: esquema de una celda de difusión

Con el objetivo de adquirir los datos, grabarlos en archivo y procesarlos, se diseñó un software (figura 12), que además reconoce automáticamente los cambios de escalas que se realizan

manualmente en el conductímetro. La medición de conductividad en función del tiempo, y la transformación de ese parámetro en Concentración de soluto, permite calcular el coeficiente de difusión de la madera en las condiciones establecidas.

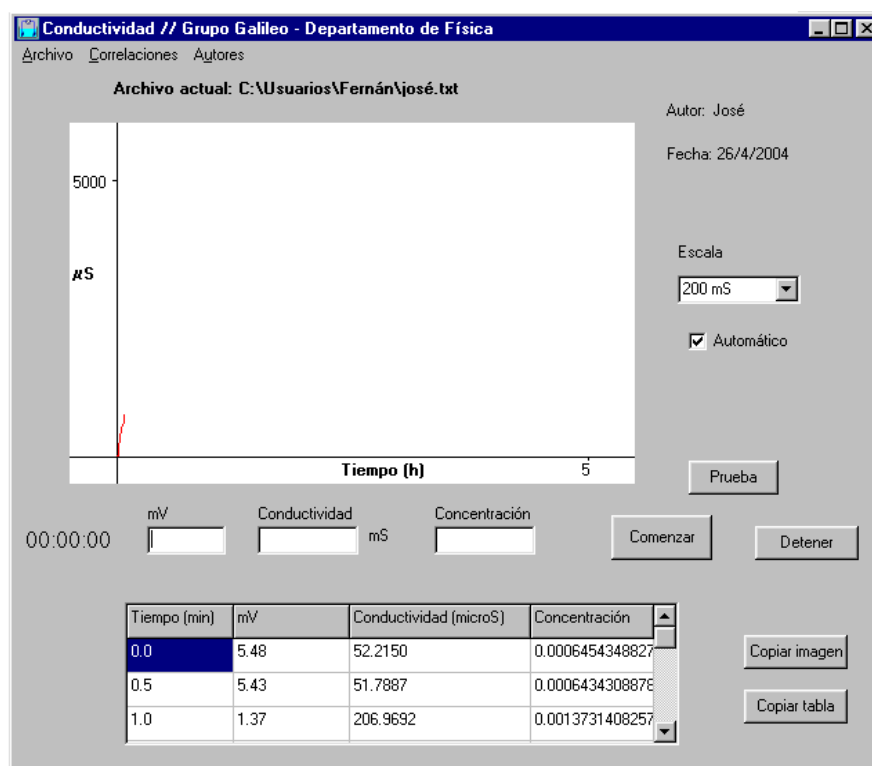


FIGURA 12: pantalla principal del software para conductimetría

Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten concluir que resulta posible el desarrollo de este tipo de dispositivos en el ámbito académico, y que las perspectivas y posibilidades de aplicación son muy amplias, abarcando tanto el ámbito académico, el de investigación, como las aplicaciones industriales. Se trata de brindar herramientas confiables, versátiles y de fácil acceso, que permitan desarrollar programas de aplicación en forma relativamente sencilla, o simplemente ser utilizadas por personas que no dominen siquiera los rudimentos de la programación. Con tales herramientas resulta posible diseñar nuevos experimentos para mejorar y modernizar la enseñanza, facilitar la tarea de investigación, o insertarse exitosamente en áreas de producción y servicios.

Bibliografía

Constanza, V.; Constanza, P. Estimating Pure Diffusion Contributions in Alkaline Pulping Processes. Lat. Am. Appl. Res. 2001.

LARSON L. E. (1991). *Experimental Physics*. (Denison University)

OGUIC, PATRICE. (1997). Control Electrónico con el PC. Madrid. Editorial Paraninfo.

SCFAFFNER, B. (1996). Montajes electrónicos para PC. Buenos Aires. Merops.

STAUDENMAIER. H.M. (1995). *Physics Experiments Using PCs*. (Springer)